

**"Radio wave-absorbing reactive material,
moldings of radio wave-absorbing reactive material,
and working methods using same"**

**Japanese Laid Open (Kokai or Unexamined or A)
Patent Application Number 2000-204272**

Laid Open 25 July 2000

**Filed in Japan 14 January 1999
as Application 11-8322**

Applicant: Takenaka Corporation

**A copy of the Japanese source document
is provided after the translation.**

**Translation from Japanese to English by
The R. M. Meadows Company
December, 2003**

**physical address: 11003 Baltus Drive, Austin, Texas 78758 USA
postal address: P. O. Box 4779, Austin, Texas 78765-4779 USA**

**voice: 512 339 0229
fax: 512 836 2510**

email: ROBERTL@meadows.com

(19) Japan Patent Office (JP)

(11) Patent Application Laid Open No.

2000-204272
(P2000-204272A)

(43) Laid Open Date: 25 July 2000

(12) Kokai [Laid Open] Patent Gazette (A)

(51) Int. Cl. ⁷	Identification symbols	F I	Theme codes (reference)
C 08 L	101/00	C 08 L	101/00
B 29 C	35/00	B 29 C	35/00
E 04 B	1/92	E 04 B	1/92
E 04 G	21/14	E 04 G	21/14
	23/02		23/02
			A 4 J 0 0 2

number of claims: 6 O L [filed online]

examination request: not yet requested

(the [Japanese] document totals 9 pages)

(21) Application Number:

Hei 11-8322 [8,322/1999]

(22) Filing Date: 14 January 1999

(71) Patent Applicant: 000003621

Kabushiki Kaisha Takenaka Komuten
[Takenaka Corporation]
1-13, Honmachi 4-chome, Chuo-ku
Osaka, Osaka Metropolitan Prefecture

(72) Inventors: [The surname is given
second — Translator]

Kenichi HARAKAWA, Toshio SAITO, and
Nobuyoshi MURAI
all at the Takenaka Research and
Development Institute
5-1, Otsuka 1-chome, Inzai, Chiba Prefecture

(74) Agent: Jun NAKAJIMA, Patent Attorney
(and 3 others)

(54) Title of the Invention:

Radio wave-absorbing reactive material, moldings of radio
wave-absorbing reactive material, and working methods
using same

(57) Abstract

[Problem]

To provide, in the technical sectors of machining and construction, a radio wave-absorbing reactive material that enables facile execution of operations such as highly heat-resistant precision bonding, molding, and repair.

[Solution]

The characteristic feature is the dispersion of a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat, e.g., particulate or fibrous carbon, metal, or ferrite, in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, e.g., thermosetting resin capable of a heat-induced crosslinking reaction. The desired operation is carried out by inducing curing or shrinkage by exposing the aforesaid radio wave-absorbing reactive material, or a molding thereof, to radio waves.

Claims

[Claim 1] Radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix.

[Claim 2] The radio wave-absorbing reactive material described in claim 1, characterized in that the aforesaid radio wave-absorbing substance is selected from particulate and fibrous carbon, metal, and ferrite.

[Claim 3] The radio wave-absorbing reactive material described in claim 1 or 2, characterized in that the aforesaid thermosetting resin or thermoshrinking resin is resin capable of a heat-induced crosslinking reaction.

[Claim 4] Molding of radio wave-absorbing reactive material, as characteristically afforded by the molding, into a desired shape, of radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix.

[Claim 5] Working method, characterized by

filling, into a specified space on the adherend, a radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, and exposing the fill site to radio waves.

[Claim 6] Working method, characterized by

joining a plurality of bonding elements by means of joining members molded from a radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, and exposing said joining members to radio waves.

Detailed Description of the Invention

[0001]

Field of the Invention

This invention relates to a radio wave-absorbing reactive material that is used for operations such as bonding, molding, repair work, etc., in the technical sectors of machining and construction. This invention also relates to moldings of said material and to working methods that use said material and/or moldings.

[0002]

Description of the Prior Art

The working methods in machining and construction have heretofore relied mainly on mechanical procedures. In the field of construction, the materials used in operations such as filling and bonding are mortar and steel frame, which has made it difficult to carry out highly precise operations. It is difficult with just these known construction materials to carry out the highly precise operations that would, for example, give a building that could hold a vacuum or not suffer from water leakage. In order to make possible a simple bonding operation, Japanese Laid Open (Unexamined or Kokai or A) Patent Application Number Sho 63-63773 (63,773/1988) describes a bonding method in which the capacity to absorb electromagnetic radiation is imparted to the bonding zone of thermosetting or heat-melttable adherends; bonding is carried out by exposure to electromagnetic radiation in order to heat the region around the bonding zone. This method does offer the advantage of enabling the selective heating of a specific region based on exposure to electromagnetic radiation; it is, however, limited to adherends that are melttable or curable by heat. Moreover, there are also limitations on the positioning of the material that imparts the capacity to absorb electromagnetic radiation, which imposes limitations on the applicable sites and shapes. Furthermore, this method was not applied to precision operations.

[0003]

Notwithstanding the fact that the technology of inducing heating through exposure to electromagnetic radiation is widely known, the use of energy from electromagnetic radiation as a working or operating method has heretofore been limited in machining and the construction sector to, for example, electrostatic processing, electric welding, and photocuring. The current situation is that a high-precision working or operating method has yet to be realized in this

sector. As one solution to this problem, the inventors discovered a radio wave-absorbing reactive material that has a thermoplastic character and have already filed Japanese Patent Application No. Hei 10-329929 (329,929/1998) to cover this technology. The present invention has the same properties, but also provides an improved heat resistance.

[0004]

Problems to Be Solved by the Invention

In specific terms, then, an object of this invention is to provide, in the technical sectors of machining and construction, a radio wave-absorbing reactive material that provides a worked or processed part with an excellent heat resistance and that enables facile execution of operations such as precision bonding, molding, and repair. Another object of this invention is to provide moldings of radio wave-absorbing reactive material, said moldings comprising the aforesaid radio wave-absorbing reactive material preliminarily molded into operation-adapted shapes. Yet another object of this invention is to provide working methods that enable the facile execution in the technical sectors of machining and construction of processes such as highly heat-resistant precision bonding, molding, repair work, etc.

[0005]

Means Solving the Problems

The radio wave-absorbing reactive material according to this invention is characterized by the dispersion in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix of a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat. In preferred embodiments, the radio wave-absorbing substance referenced here is selected from particulate and fibrous carbon, metal, and ferrite, while the aforesaid thermosetting or thermoshrinking resin is resin capable of a heat-induced crosslinking reaction. The inventive molding of radio wave-absorbing reactive material is characteristically afforded by the molding, into a desired shape, of radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix. More specifically, the aforesaid radio wave-absorbing reactive material is adapted to the particular application or working site by being pre-molded into a molding with an optimized shape; this is devised in order to improve the useability and broaden the range of applications.

[0006]

The inventive working method is characterized by

filling, into a specified space on the adherend, a radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, and exposing the fill site to radio waves.

The inventive working method for joining a plurality of bonding elements is characterized by

joining a plurality of bonding elements by means of joining members, such as bolts and washers, molded from a radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, and exposing said joining members to radio waves.

[0007]

Embodiments

This invention will be described in detail in the following. The inventive radio wave-absorbing reactive material comprises the dispersion, in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, of a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat, for example, particulate or fibrous carbon, metal, or ferrite. When this radio wave-absorbing substance is exposed to radio waves, for example, microwave radiation, the radio wave-absorbing substance generates heat and this heat induces a curing reaction or shrinkage reaction in the resin matrix in which the radio wave-absorbing substance is dispersed. For example, the radio wave-absorbing reactive material can be filled in a fluid state into a particular crack; the radio wave-absorbing substance can then be heated through exposure to radio waves in order to thermally induce the curing reaction in the resin; and repair of the crack can be effected concomitant with cure of the resin fill. This enables a precise operation to be carried out that can block water and gases.

[0008]

The radio wave-absorbing substance according to this invention enables a variety of operations to be carried out based on utilization of its ability to cause curing or shrinkage (volume reduction due to crosslinking) through the evolution of heat. More specifically,

exposure of a washer or bolt molded using the radio wave-absorbing substance to radio waves results in the generation of heat, causing a shrinkage of approximately 0.1 to 1.5% accompanying cure and generating a pressing force on the weld. This enables a precise operation and assembly capable of blocking water and gases.

[0009]

The material constituting the inventive radio wave-absorbing substance will be described in detail hereinbelow. The radio wave-absorbing substance is a source of heat for inducing the curing reaction in the thermosetting or thermoshrinking resin (as appropriate, a resin that is cured by the application of heat is hereafter referred to as a thermosetting material, while a resin that shrinks upon heating is hereafter referred to as a thermoshrinking material), and a low-volume radio wave-absorbing substance uniformly dispersed in the matrix is preferred from the perspective of inducing an efficient and uniform softening or melting of the thermosetting material or thermoshrinking material. The radio wave-absorbing substance therefore preferably has a particulate or fibrous shape. This radio wave-absorbing substance may be any material that has the capacity to convert radio wave energy to heat, but considered in terms of dispersibility, safety, and ease of acquisition, carbon, metal, and ferrite are preferred examples in material terms. In terms of shape it is preferably particulate or fibrous. Specific examples of usable radio wave-absorbing substances are carbon fiber and finely divided carbonaceous particles such as carbon black, metal fibers, finely divided metal particles, finely divided metal oxide particles, finely divided intermetallic compound particles, fibrous ferrite, and finely divided ferrite particles.

[0010]

Based on considerations of dispersibility, the fibers are preferably short fibers with a length no greater than 10 mm and the finely divided particles preferably have an average particle diameter of about 0.1 μm to 10 mm. An overly small particle diameter raises the propensity for secondary aggregates to form, which makes it difficult to obtain a uniform dispersion and impairs the handling characteristics. An overly large particle diameter raises the tendency for sedimentation to occur, which makes it difficult to obtain a uniform dispersion, and also facilitates the occurrence of a localized heat production, which makes it difficult to uniformly introduce heat into the matrix material.

[0011]

The known thermosetting resins can be used — as a function of the intended application — as

the thermosetting material comprising the matrix. The use is preferred, however, of the known resins that undergo heat-induced crosslinking reactions based on considerations of the effective utilization of the heat-producing capacity of the radio wave-absorbing substance. For the same reason, use can also be made of resins whose curing reaction is accelerated by heating, even if this requires the addition of crosslinking agent. Silicone resins, phenolic resins, urea resins, melamine resins, unsaturated polyesters, urethane resins, epoxy resins, and allyl resins are preferred thermosetting materials. Silicone resins and particularly silicone RTV rubbers are preferred based on considerations of the electrical properties, weathering resistance, chemical resistance, handling properties, and ease of acquisition.

[0012]

Two-package thermoplastic materials that employ a curing agent can be exemplified by bisphenol A-type epoxy resins, novolac-type epoxy resins, and multifunctional epoxy resins. In the case of these materials, a general-purpose curing agent, for example, diamine, polyamine, polyamide, or phthalic anhydride, is added immediately before application (filling) to the intended site. In addition to use by themselves, these thermosetting materials can also be used in the form of fiber-reinforced resins (FRP) in which the known reinforcing fibers are intermixed.

[0013]

The blending ratio between the thermosetting resin and the radio wave-absorbing substance can be selected as appropriate as a function of, for example, the desired thermal characteristics and the post-cure strength. However, since the amount of heat generated upon exposure to electromagnetic radiation is proportional to the concentration of radio wave-absorbing substance per unit volume, the amount of radio wave-absorbing substance blended into the thermosetting resin should in general be determined by considering the Joule heat that will be produced by the radio wave-absorbing substance for the prescribed strength of the electromagnetic radiation. For example, a small quantity of addition may be satisfactory when the curing reaction can be induced at a point at which the thermosetting resin is merely warm, while a large quantity of addition will be required when a fairly high temperature is preferred for initiation or acceleration of the curing reaction. Thus, the blending ratio should be selected as appropriate based on the intended purpose and the materials used. However, about 0.01 to 10 volume% should in general be blended with respect to the thermosetting material, while about 0.1 to 1 volume% is preferred.

[0014]

The inventive radio wave-absorbing reactive material is prepared by producing a uniform solid dispersion of the microparticulate or fibrous radio wave-absorbing substance in the, for example, thermosetting material. The known solid dispersion methods can be used for this purpose. For example, just as for the production of FRP containing metal fiber or carbon fiber as reinforcement, the fibrous or particulate radio wave-absorbing substance can be introduced in the final stage of the blending of the thermosetting material and mixing can be continued until a thorough dispersion is achieved. The process of kneading, stirring, and mixing must be continued until a uniform dispersion is obtained, and will generally be carried out for about 1 to 10 hours. The tube pumps, screw pumps (NEMO pump), gear pumps, planetary mixer/degassing equipment, etc., typically used for mixing high-viscosity solutions can be used for the mixing/dispersing process under consideration. In a preferred embodiment, blending is carried out under a reducing atmosphere based on considerations of material stability. In order to avoid the risk of explosion during heating, in another preferred embodiment kneading is carried out with degassing, under atmospheric pressure using the aforementioned planetary mixer/degassing equipment, or under a vacuum.

[0015]

The thermoshrinking material can be exemplified by noncrystalline polyester resins and by materials afforded by molding and stretching polyester resin, polyethylene resin, polypropylene resin, polyvinyl chloride resin, polystyrene resin, etc. These can be used as the matrix material just like the thermosetting resins. Rather than being used directly, they give better results when used as moldings, such as washers, bolts, etc., to connect a plurality of elements. This method of application can be explained more specifically as follows: two or more members are joined using bolts molded from thermoshrinking material that contains radio wave-absorbing substance; these joining elements are heated by exposure to electromagnetic radiation, thereby effecting joining while generating a pressing pressure due to shrinkage of the washer and bolt. When this operation is carried out, a sheet comprising thermoplastic material with the aforementioned radio wave-absorbing substance dispersed therein can be sandwiched between two or more of the members. The thermoplastic material will then be melted during the exposure to electromagnetic radiation. As a consequence, the bonded members will be tightly joined by the pressing pressure due to the washer and bolt, while at the same time, the thermoplastic material, having cooled and solidified after the end of exposure to the electromagnetic radiation, enables bonding and joining to be carried out with a strong seal.

[0016]

When thermosetting material is used as the matrix material in this invention, it will be possible to use a metal pipe with a large number of holes in the end as an embedding pipe, to fill this pipe with the radio wave-absorbing heat-reactive material prior to its curing reaction, and, exploiting the fluidity, to fill the radio wave-absorbing heat-reactive material into a desired surrounding site from the holes in the end of the pipe by applying pressure with a dielectric cylinder. When this is done, the target site can be efficiently exposed to electromagnetic radiation since the metal pipe itself has an EM shielding character. The metal embedding pipe can be fixed in place by filling the inventive radio wave-absorbing reactive material into the desired site as described above, carrying out exposure to electromagnetic radiation to effect cure, and, facilitated by the occurrence of shrinkage, withdrawing the dielectric cylinder after curing.

[0017]

The inventive radio wave-absorbing reactive material can also be used in the form of moldings fabricated in advance in desired shapes. In specific terms, the handling properties can be improved by preparing pellet or granular moldings. Moldings in the form of a thin plate or sheet can be prepared when the material is to be used to bond two flat surfaces. Moldings can also be fabricated in the shape of bolts, nuts, washers, etc., as described below, in correspondence to the location of application or the goal of the operation.

[0018]

The inventive working method is characterized by

filling, into a specified space on the adherend, a radio wave-absorbing reactive material in which a radio wave-absorbing substance capable of converting radio wave energy into heat is dispersed in a thermosetting or thermoshrinking resin matrix, and exposing the fill site to radio waves.

The radio wave-absorbing reactive material is filled — either so as to contact the workpiece or as the working material itself — at a desired location where the operation will be carried out, and the fill location is then exposed to radio waves. The curing reaction is induced in the radio wave-absorbing reactive material by the heat thereby generated, and the inventive method is based on the procedure of achieving a complete cure after a specified reaction time. The inventive method offers the advantages of being applicable to a variety of parts and sites and of enabling very precise repair, bonding, filling, molding, etc.

[0019]

In specific terms, when, for example, the radio wave-absorbing reactive material is filled and placed into a particular space in the workpiece and the fill site is exposed to radio waves, the radio wave-absorbing substance generates heat due to its exposure to the radio waves and this heat causes the fluid thermosetting material to undergo its curing reaction. Since the material filled so as to be in intimate contact with the space undergoes cure in this very state in which it conforms to the shape of the particular space, it can fill the gaps with a high degree of precision. When this method is applied to cracks in a wall, the cure of the material filled in the fluid state enables gapless filling of the cracks and makes possible a simple crack repair that will be able to block out moisture and air. When the space under consideration is a through hole, the gaps can be very efficiently filled by suctioning or drawing in the radio wave-absorbing reactive material from the opposite side.

[0020]

When two or more bonding elements are to be joined, they can be joined using joining members comprising bolts, washers, etc., molded from material that uses a thermoshrinking matrix material in the radio wave-absorbing reactive material. The joining members are then exposed to radio waves, causing shrinkage in the joining members and enabling a tight joining of the plurality of elements by the resulting pressing force.

[0021]

Processing or working is carried out by irradiating radio waves on a prescribed location of the inventive radio wave absorption-plastifiable material and inducing curing or shrinkage of the aforesaid radio wave-absorbing reactive material. The irradiating radio waves preferably effect a very efficient heat generation (Joule heat) by the radio wave-absorbing substance dispersed in the material. For example, electromagnetic radiation with wavelengths of about 1 m to 1 cm and microwaves are very suitable.

[0022]

Exposure to radio waves can be carried out by the usual methods. In general, however, a means for the localized emission of radio waves will be used based on energy efficiency considerations. For example, in a preferred embodiment as shown in Figure 1(A), a workpiece of radio wave absorption-plastifiable material 12 is exposed to radio waves (the direction of irradiation is illustrated by the arrows in the figure) from a radio wave emitter that employs a conical electromagnetic horn antenna 10. In a more preferred embodiment as shown in Figure 1(B), the radio waves from the horn antenna 10 are focused by a parabolic antenna 14

(rotating parabolic reflector) positioned on the opposite side of the workpiece in which the radio wave absorption-plastifiable material **12** is disposed. By varying the position of this parabolic reflector **14**, desired positions can be irradiated with focused radio waves as the focal point changes.

[0023]

In those cases where the conditions at the work site make it difficult to position the reflector on the opposite side, the electromagnetic radiation can be directly focused by the additional use of a radio wave focusing means, such as a dielectric lens **16**, at the horn antenna **10**. By then varying the position of the horn antenna **10** itself, desired positions can be irradiated by focused radio waves as the focal point provided by the dielectric lens **16** (refer to Figure 2) is varied. Alternatively, as shown in Figures 3(A) and 3(B), a flat reflector **18** or a parabolic reflector **14** can be placed just on the same side as the radio wave emitter **10** in order to block the electromagnetic radiation backscattering to the irradiation side and to efficiently focus the energy at the work site. Particularly as shown in Figure 3(B), the use of a parabolic reflector **14** on the same side as the radio wave emitter **10** makes it possible to reflect and focus the backscattered energy. The positioning of radio wave absorbers **20** around the reflectors **14** and **18** also makes it possible to improve the blocking efficiency.

[0024]

As shown in Figures 4(A) and 4(B), the positioning of a flat reflector **18** or parabolic reflector **14** on both the radio wave emission side and the opposite side therefrom can provide reflection between the two extremes and can thereby provide additional improvements in the energy efficiency. In terms of the set up, two flat reflectors (see Figure 4(A)), two parabolic reflectors (Figure 4(B)), or a flat reflector and a parabolic reflector can be set up. A Fabry-Pérot oscillator can be set up when the gap can be precisely controlled, which enables an even more efficient focusing of the energy on the work site. Since the energy will be collected in the middle considering the thickness as a whole, it will be useless to also move the focal point in this case.

[0025]

The preceding concerns efficient methods of exposure to the electromagnetic radiation. However, in order to lessen the impact of the electromagnetic radiation on other structures and on the human worker, the radio waves from the horn antenna can also be reflected from a reflector positioned on the opposite side of the workpiece in order to stop dissemination of the radio waves outside the region whose irradiation is desired.

[0026]

The electrically conductive radio wave-absorbing substance, e.g., metal fiber, carbon fiber, etc., present in the inventive radio wave-absorbing reactive material is heated by exposure to electromagnetic radiation. This occurs because the radio wave-absorbing substance itself acts as a microantenna for the electromagnetic radiation and Joule heat is generated at this point by the current flowing on the antenna. The processing or working is carried out by the curing or shrinkage of the thermoplastic material (matrix) due to this heating. If, accompanying this heat-generating reaction, the material that is itself acting as an antenna, e.g., the metal or carbon fiber, should melt or suffer from a loss of conductivity due to, for example, oxidation, the material as a whole can also fail to exhibit a radio wave-absorbing capacity. When such a phenomenon occurs, the radio wave-absorbing substance present near the radio wave emitter is the first to react and lose its radio wave-absorbing capacity. The electromagnetic reaction reaches the unreacted zone of radio wave-absorbing substance present at a location at a distance from the radio wave emitter, and the heat-generating reaction is produced at that point. This is repeated in sequence, and the reaction will proceed into the depth of the radio wave-absorbing reactive material, which makes possible precise execution in a deep member.

[0027]

Examples

The invention is described in detail in the following using working examples, but this invention is not limited to these working examples.

Example 1

Production of radio wave-absorbing reactive material

1.0 volume% carbon fiber (radio wave-absorbing substance, average fiber length = 6 mm) was blended into a base of silicone resin (thermoplastic matrix, silicone RTV rubber from Shin Etsu Silicone). Thorough kneading for 5-10 minutes with a melt-mixer yielded a radio wave-absorbing reactive material in which the carbon fiber was uniformly dispersed in the matrix.

[0028]

Crack repair with thermosetting material

The crack in a cracked concrete block, see Figure 5(A), was repaired. The above-described radio wave-absorbing reactive material **12** was mixed with the specified curing agent and was

immediately filled into the crack in the concrete block **20** (Figure 5(A)). The crack filled with the particulate [sic] radio wave-absorbing reactive material **12** and the region neighboring the crack were exposed to electromagnetic radiation (illustrated by the arrows in the figure; irradiation conditions: 2.45 GHz, 10-50 kW) from a horn antenna **10** (Figure 5(B)). Heating of the metal fiber (radio wave-absorbing substance) by exposure to the electromagnetic radiation resulted in an acceleration of the curing reaction in the thermosetting silicone resin, which in turn resulted in cure of the radio wave-absorbing reactive material **12** filled in the crack and completion of crack repair. Due to filling by the radio wave-absorbing reactive material **12** in a fluid state, the crack was filled without gaps, and it was confirmed that a repair completely bonded to the sides of the crack had been carried out at the repair site.

[0029]

Example 2

Preparation of moldings of radio wave-absorbing reactive material

1 volume% carbon fiber (radio wave-absorbing substance, average fiber length = 6 mm) was blended into amorphous polyethylene terephthalate (heat-reactive matrix). Thorough kneading for 3 hours in a melt-mixer under a reducing atmosphere yielded a radio wave-absorbing reactive material in which the carbon fiber was uniformly dispersed in the matrix. This radio wave-absorbing reactive material was molded into bolt-shaped and nut-shaped moldings (moldings of radio wave-absorbing reactive material).

[0030]

Bonding of thermoplastic blocks

The bonding of two thermoplastic blocks will be described. Two U-shaped thermoplastic blocks as illustrated in Figure 6(A) were bonded. Figures 6(A) and 6(B) contain schematic drawings that illustrate the bonding configuration for the thermoplastic blocks of Example 2. A radio wave-absorbing plastifiable molding **30** was fabricated by blending 1.0 volume% carbon fiber (radio wave-absorbing substance, average fiber length = 6 mm) into acrylic thermoplastic resin; thoroughly kneading for 3 hours in a melt-mixer under a reducing atmosphere while heating at 150-200°C to give a thermoplastic material in which the carbon fiber was uniformly dispersed in the resin; and molding this thermoplastic material into sheet with a thickness of 1 mm. The radio wave-absorbing plastifiable molding **30** (sheet) was sandwiched between two thermoplastic blocks **22, 24** (thickness = 5 cm), and these were then fixed together using the bolt **34** and nut **36** molded from the previously prepared radio wave-absorbing reactive material (Figure 6(A)). The sheet-form radio wave-absorbing plastifiable molding **12** [sic], the

bolt 34 and nut 36 molded of radio wave-absorbing reactive material, and the neighboring region were exposed to electromagnetic radiation (illustrated by the arrows in the figure; irradiation conditions: 2.45 GHz, 500 W-1 kW) from a horn antenna 10. The radio wave-absorbing plastifiable molding 12 [sic], upon absorbing the electromagnetic radiation, was melted by the heat generated from the radio wave-absorbing substance residing therein and melted and joined the neighboring thermoplastic blocks. In addition the bolt 34 and nut 36 molded from radio wave-absorbing reactive material shrank due to the heat generated by the radio wave-absorbing substance residing therein, which resulted in an even stronger bonding and fixing of the workpieces. The workpieces themselves, that is, the thermoplastic blocks 22, 24, were permeable to the electromagnetic radiation and were therefore unaffected by it. When exposure to the electromagnetic radiation was halted, the radio wave-absorbing plastifiable material 30 underwent natural cooling and resolidified, resulting in a strong bonding operation between the two thermoplastic blocks 22, 24 through cooperation with the pressing force due to shrinkage of the bolt 34 and nut 36. It was confirmed that this bonding site was completely bonded with the outside of the blocks and could block moisture and gas.

[0031]

Example 3

A metal pipe was fixed in place by filling the radio wave-absorbing reactive material prepared in Example 1 into a prescribed cavity in a radio wave-permeable material, for example, concrete.

Immobilization of metal pipe in a cavity

As shown in Figure 7, a metal pipe 38 having a large number of holes in one end was used as an embedding pipe. The radio wave-absorbing thermally reactive material 12 was filled, prior to its curing reaction, into an embedding pipe 38 that had been positioned in a specific cavity in a concrete block 40, and was filled, utilizing its fluidity, into the surroundings from the holes in the end of the pipe through the application of pressure by a dielectric piston 42. This enabled efficient irradiation of the target site with electromagnetic radiation since the metal pipe 38 itself had EM shielding properties. After the inventive radio wave-absorbing reactive material had been filled into the prescribed site, the material 12 filled into the prescribed position was cured by exposure to electromagnetic radiation (shown by the arrows in the figure; irradiation conditions: 2.45 GHz, 500 W-1 kW). The metal embedding pipe 38 became strongly fixed in place during curing, while heat shrinkage by the material made it possible to withdraw the dielectric piston 42 and re-use it. Proceeding in the described manner, metal pipe could be

fixed in place in a prescribed cavity.

[0032]

Advantageous Effects of the Invention

This invention enables the facile execution of processes such as precision bonding, molding, repair work, etc., in the technical sectors of machining and construction. This invention provides a radio wave-absorbing reactive material that provides a worked or processed part with a good heat resistance and also provides moldings comprising this radio wave-absorbing reactive material pre-molded into process-adapted shapes. The working methods according to this invention enable the facile execution in the technical sectors of machining and construction of processes such as highly heat-resistant precision bonding, molding, repair work, etc.

Brief Description of the Drawings

Figure 1(A) contains a schematic drawing that illustrates irradiation of the inventive radio wave-absorptively plastifiable material with radio waves using a horn antenna. Figure 1(B) contains a schematic drawing that illustrates the co-use of a parabolic reflector of the electromagnetic radiation.

Figure 2 contains a schematic drawing that illustrates the use of a dielectric lens that condenses the radio waves at the horn antenna.

Figure 3(A) contains a schematic drawing that shows the positioning of a flat plate reflector on the horn antenna side. Figure 3(B) contains a schematic drawing that shows the positioning of a parabolic reflector on the horn antenna side.

Figure 4(A) contains a schematic drawing that illustrates the positioning of a flat plate reflector on both sides of the workpiece. Figure 4(B) contains a schematic drawing that illustrates the similar positioning of parabolic reflectors.

Figure 5(A) contains a schematic drawing that illustrates the filling of radio wave-absorbing reactive material (matrix = silicone rubber) into a crack in a block. Figure 5(B) contains a schematic drawing that illustrates the exposure of this radio wave-absorbing reactive material with electromagnetic radiation from a horn antenna.

Figure 6(A) contains a schematic drawing that illustrates the assembly of two U-shaped blocks using a bolt and nut that are moldings of radio wave-absorbing reactive material, wherein radio wave absorption-plastifiable material is sandwiched between the blocks. Figure 6(B) contains a schematic drawing that illustrates irradiation of the bolt, nut, and radio wave absorption-plastifiable material by electromagnetic radiation using a horn antenna.

Figure 7 contains a schematic drawing that illustrates the immobilization of an embedding pipe in a concrete block using the inventive radio wave-absorbing reactive material.

[Reference Symbols]

10	.....	horn antenna (radio wave emitter)
12	.....	radio wave-absorbing reactive material
14	.....	parabolic reflector
16	.....	dielectric lens
18, 19	.....	flat plate reflector
22, 24	.....	U-shaped block of thermoplastic material
30	.....	radio wave-absorbing reactive material
34	.....	bolt made of radio wave-absorbing reactive material
36	.....	nut made of radio wave-absorbing reactive material
38	.....	metal embedding pipe
42	.....	dielectric piston

Figure 1.

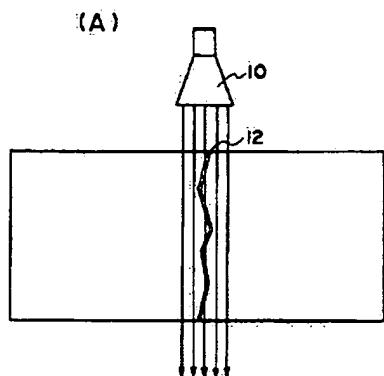


Figure 2.

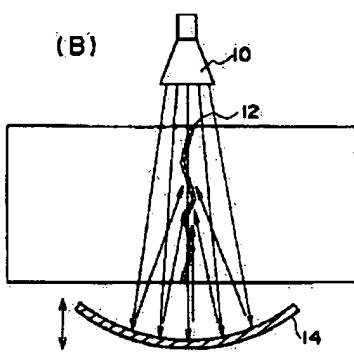
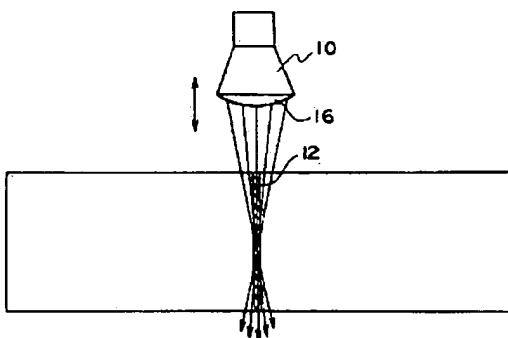


Figure 3.

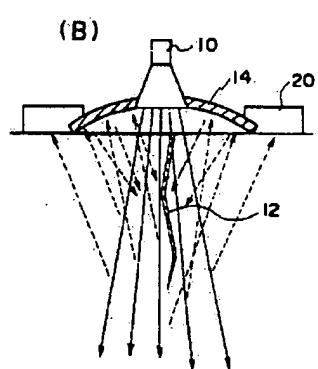
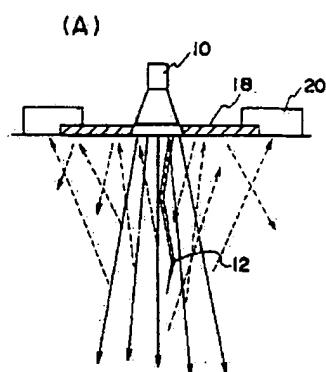


Figure 4.

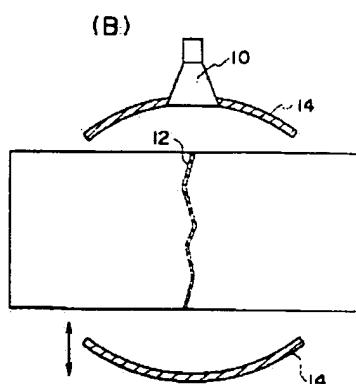
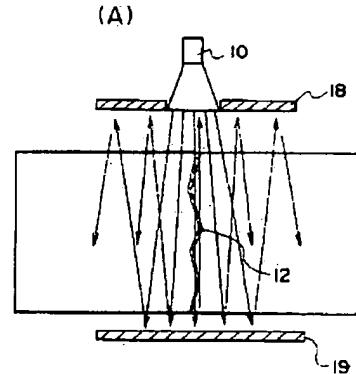
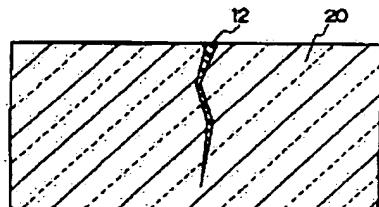


Figure 5.

(A)



(B)

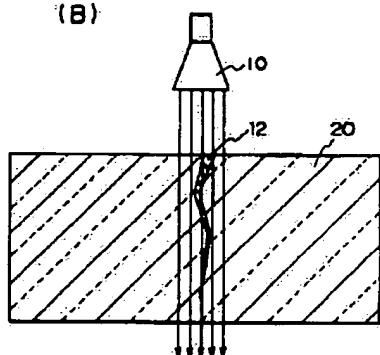
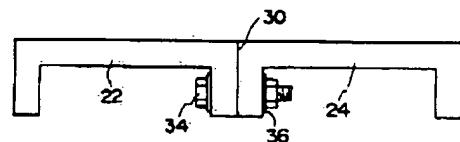


Figure 6.

(A)



(B)

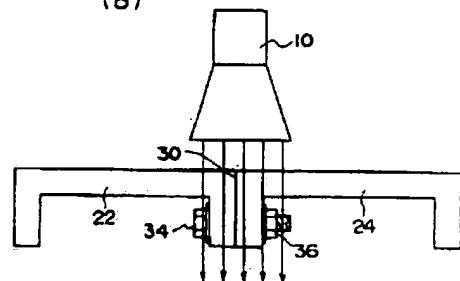
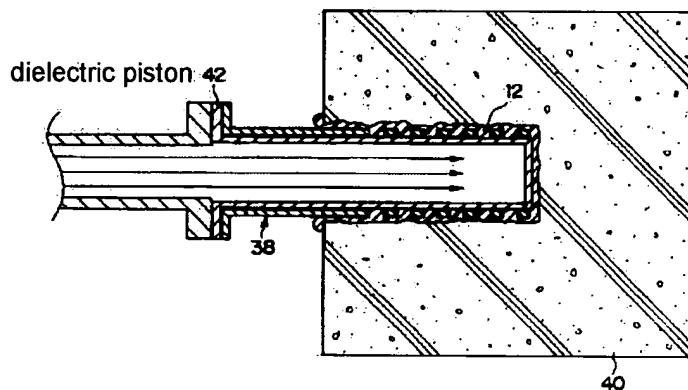


Figure 7.



F terms (reference)	2E001	GA03	GA07	HD11	JA29	JB00
		JB01	JB07	JD02	JD08	LA04
	2E174	AA03	DA62			
	2E176	AA01	BB14			
	4F203	AA33	AB03	AB25	AH46	DA12
		DB01	DC07	DM13		
	4J002	AA001	BB021	BB111	BC021	
		BD031	BF051	CC031	CC161	
		CC181	CD001	CF001	CF211	
		CK021	CP031	DA036	DA066	
		DE046	DE116	FA046	FA086	
		GR00				

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2000-204272

(P2000-204272A)

(43)公開日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード(参考)
C 08 L 101/00		C 08 L 101/00	2 E 0 0 1
B 29 C 35/00		B 29 C 35/00	2 E 1 7 4
E 04 B 1/92		E 04 B 1/92	2 E 1 7 6
E 04 G 21/14		E 04 G 21/14	4 F 2 0 3
23/02		23/02	A 4 J 0 0 2

審査請求 未請求 請求項の数6 O.L. (全9頁)

(21)出願番号 特願平11-8322

(22)出願日 平成11年1月14日(1999.1.14)

(71)出願人 000003621

株式会社竹中工務店

大阪府大阪市中央区本町4丁目1番13号

(72)発明者 原川 健一

千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会
社竹中工務店技術研究所内

(72)発明者 斎藤 俊夫

千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会
社竹中工務店技術研究所内

(74)代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外3名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電波吸収反応性材料、電波吸収反応性材料成形体及びそれを用いた加工方法

(57)【要約】

【課題】 機械加工及び建築施工の技術分野において、耐熱性に優れた精密な接着、成形、補修等の加工を簡易に行なう電波吸収反応性材料を提供する。

【解決手段】 熱により架橋反応を生起する熱硬化性樹脂等の加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる、粒子状又は繊維状のカーボン、金属、フェライト等の電波吸収性材料を分散・含有してなることを特徴とする。この電波吸収反応性材料或いはその成形体に電波を照射して硬化又は収縮させ、所望の加工を行うことができる。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料。

【請求項2】 前記電波吸収性材料が、粒子状又は纖維状のカーボン、金属、フェライトから選択されることを特徴とする請求項1に記載の電波吸収反応性材料。

【請求項3】 前記加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料が、加熱により架橋反応を生起する樹脂材料であることを特徴とする請求項1又は2に記載の電波吸収反応性材料。

【請求項4】 加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料を所望の形状に成形してなることを特徴とする電波吸収反応性材料成形体。

【請求項5】 加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料を被接着物の所定の空間に充填し、充填箇所に電波を照射することを特徴とする加工方法。

【請求項6】 加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料で成形した接合部材により複数の被接着物を接合し、該接合部材に電波を照射することを特徴とする加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、機械加工及び建築施工の技術分野における接着、成形、補修等の加工に適する電波吸収反応性材料、その成形体及びそれらを用いた加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】機械加工及び建築施工においては、従来、加工方法は主として機械的な方法に頼っている。建築施工においては、充填、接着等の加工に利用する材料がモルタルや鉄骨であるため、精密な加工精度を有する施工をすることが困難であり、これらの公知の建築用材料だけでは、例えば、真空を保ったり、水を漏洩させない建築物を構築する等の精度の高い加工は実施し難かった。接着加工を簡易に行うため、特開昭63-63773号には、熱硬化性或いは熱溶融性を有する被接着体の接着部に電磁波の吸収能を持たせ、電磁波を照射して接着部分近傍を加熱し、接着を行う方法が記載されている。この方法は、電磁波の照射により特定部分を選択的に加熱しうる利点を有するものの、被接着体が加熱により溶融或いは硬化するものに限られ、さらに、電磁波の吸収能を持たせた材料の配置位置も限定されることか

ら、適用部位や形状に制限があり、精密加工分野には適さなかった。

【0003】電磁波を照射して加熱する技術は広く知られているものの、機械加工及び建築施工分野においては、加工・施工方法として電磁波のエネルギーを用いることは、従来、静電加工、電気溶接、光硬化等に限られており、この分野における高精度の加工方法は未だ実用化されていないのが現状である。本発明者らは、この問題を解決しうる一つとして、熱可塑性の特性を有する電波吸収反応性材料を見いだし、先に特願平10-329929号として提案したが、本発明は同様の特性を有し、且つ、耐熱性を改良したものである。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】即ち、本発明の目的は、機械加工及び建築施工の技術分野において精密な接着、成形、補修等の加工を簡易に行うことができ、被加工部分の耐熱性が良好な電波吸収反応性材料を提供することにある。また、本発明の他の目的は、前記電波吸収反応性材料を加工に適する形状に予め成形した電波吸収反応性材料成形体を提供することにある。本発明のさらなる目的は、機械加工及び建築施工の技術分野において精密で、且つ、耐熱性に優れた接着、成形、補修等の加工を簡易に行いうる加工方法を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の電波吸収反応性材料は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなることを特徴とする。ここで、前記電波吸収性材料は、粒子状又は纖維状のカーボン、金属、フェライトから選択され、前記加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料は、加熱により架橋反応を生起する樹脂材料であることが好ましい態様である。本発明の電波吸収反応性材料成形体は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料を所望の形状に成形してなることを特徴とする。即ち、前記した電波吸収反応性材料を加工に用いる部位や用途に合わせ、予め好適な形状に成形加工した成形体となし、使用性の向上及び用途の広範な展開を図るものである。

【0006】本発明の加工方法は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料を被接着物の所定の空間に充填し、充填箇所に電波を照射することを特徴とする。また、複数の被接合物を接合する本発明の加工方法は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料で成形したボルトやワッシャーの如き接合部材により複数の被接着物

を接合し、該接合部材に電波を照射することを特徴とする。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に、本発明を詳細に説明する。本発明の電波吸収反応性材料は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、例えば、粒子状又は繊維状のカーボン、金属、フェライト等の電波のエネルギーを熱に変換しうる、電波吸収性材料を分散・含有してなる。即ち、この電波吸収性材料にマイクロ波等の電波を照射すると、電波吸収性材料が発熱し、その熱により前記電波吸収性材料が分散されている樹脂材料マトリックスが硬化反応或いは収縮反応を起こすものである。例えば、電波吸収反応性材料を所定のクラックに流動状態で充填し、その後、電波を照射すると電波吸収性材料が発熱し、その熱により樹脂材料の硬化反応が起これり、充填された樹脂材料の硬化とともにクラックの補修が完了する。このようにして水や気体を遮断することができる精密な施工を行うことができる。

【0008】また、本発明の電波吸収性材料は加熱により硬化或いは収縮（架橋による体積減少）が起こるため、この特性を利用して様々な加工を行うことができる。具体的には、電波吸収性材料によりワッシャやボルト成形し、それを用いることにより、電波を照射することにより、発熱、硬化が起こるとともに0.1～1.5%程度の収縮が起これり、溶着部に圧着力を発生させる。これにより、水や気体を遮断することができる精密な施工及び組立てが可能になる。

【0009】次に、本発明の電波吸収性材料を構成する材料について説明する。ここで、電波吸収性材料は加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料（以下、適宜、加熱により硬化する樹脂材料を熱硬化性材料、加熱により収縮する樹脂材料を熱収縮性材料と称する）の硬化反応を生起させるための熱源であり、熱硬化性材料や熱収縮性材料を均一に、効率よく軟化、溶融させる観点から、体積の小さいものがマトリックス中に均一に分散されていることが好ましい。従って、電波吸収性材料は粒子状或いは繊維状の形状を有するものが好ましい。ここで、電波吸収材料とは、電波のエネルギーを熱に変換しうる物質であれば特に制限はないが、前記分散性、安全性及び入手の容易性の観点から、素材としては、カーボン、金属、フェライト等が好ましく例示され、形状としては、粒子状又は繊維状であることが好ましい。用いる電波吸収材料の具体例としては、炭素繊維、カーボンブラック等の炭素質微粒子、メタルファイバーと称される金属繊維類、金属或いは金属酸化物、金属間化合物等の微粒子、繊維状フェライト、或いはフェライト微粒子等が挙げられる。

【0010】繊維状のものとしては、分散性の観点から長さ10mm以下の短繊維が好ましく、微粒子状のものとしては、平均粒子径が0.1μm～10mm程度のも

のが好ましい。粒子径が小さ過ぎると2次凝集を起こしやすくなり、均一分散が困難でハンドリング性が低下する。一方、粒子径が大き過ぎると沈殿しやすくなり、均一分散が困難になるし、熱の発生が局所的となりやすく、マトリックス材料に均一に熱を付与し難い。

【0011】マトリックス材料である熱硬化性材料としては、公知の熱硬化性樹脂を目的に応じて使用することができるが、前記の電波吸収材料の発熱能を有効に利用することを考慮すれば、公知の加熱により架橋反応を生起する樹脂材料を使用することが好ましい。また、同様の観点から、架橋剤の添加を必要とするものであっても、加熱により硬化反応が促進されるような樹脂材料も用いることができる。好ましい熱硬化性材料としては、シリコーン樹脂、フェノール樹脂、ユリア樹脂、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル、ウレタン樹脂、エポキシ樹脂、アリル樹脂等が挙げられ、電気特性、耐候性、耐薬品性、ハンドリング性、入手の容易性等の観点から、シリコーン樹脂、特に、シリコーンRTVゴムが好ましい。

【0012】また、硬化剤と併用する二液型の熱可塑性材料としては、ビスフェノールA型エポキシ樹脂、ノボラック型エポキシ樹脂、多官能基エポキシ樹脂等が挙げられ、これらは所定の部位に適用される（充填）直前に、ジアミン、ポリアミン、ポリアミド、無水フタル酸等の汎用の硬化剤を添加して用いる。これらの熱硬化性材料は単独の他、公知の補強繊維などを混合した繊維強化樹脂（FRP）として用いることもできる。

【0013】熱硬化性樹脂材料と電波吸収材料との配合比については、所望の熱特性や硬化後の強度などにより、適宜選択しうるが、一般的には、電磁波を照射した時の発熱量は、電波吸収材料の単位体積当たりの濃度に比例するため、所定の電磁波の強度に対して電波吸収材料が発生させるジュール熱を考慮して、熱硬化性樹脂材料中に配合する電波吸収材料の配合量を決定すればよい。例えば、熱硬化性樹脂材料の温度が暖まる程度で硬化反応を生起しうる場合には添加量は少なくて済むが、硬化反応の開始や促進にある程度の高温が好ましい場合には添加量も多くする必要がある。このように、配合比は目的や使用する材料より適宜決定されるが、一般的には、熱硬化性材料に対して0.01～10容量%程度を配合すればよく、0.1～1容量%程度であることが好ましい。

【0014】本発明の電波吸収熱反応性材料は、熱硬化性材料等の中に微粒子状又は繊維状の電波吸収材料を均一に固体分散することにより製造される。この方法としては、公知の固体分散方法を適用すれば良く、例えば、メタルファイバーやカーボンファイバーを補強材として含有するFRPの製造等と同様にして、熱硬化性材料等の配合時の最終段階において、繊維状又は粒子状の電波吸収材料を配合し、よく分散するまで混練を続ける方法

等が挙げられる。混練、攪拌、混合の処理は均一に分散するまで行う必要があり、通常は1~10時間程度行われる。この分散混練処理には、通常高粘度溶剤等の混合に用いられるチューブポンプ、スクリューポンプ（ノモーポンプ）、ギヤーポンプ、遊星式攪拌・脱泡装置等を好適に使用することができる。材料の安定性の観点からは、配合を還元雰囲気下で行うことが、加熱時における爆発の危険性を回避するという観点からは、真空下であるいは、前記遊星式攪拌・脱泡装置を用いて大気圧下で、脱泡しながら混練することが、好ましい態様である。

【0015】また、熱収縮性材料としては、ポリエスチル系、ポリエチレン系、ポリプロピレン系、ポリビニルクロライド系、ポリスチレン系樹脂等を延伸して成形した材料や非晶質ポリエスチル系樹脂等が挙げられる。これらは、前記マトリックス材料として熱硬化性樹脂を用いたのと同様に使用できる。これらはそのまま用いるよりも、ワッシャー、ボルト等の成形体として複数の部材を連結する際に用いることにより優れた効果を発揮する。その使用方法を具体的に説明すれば、2つ以上の部材を電波吸収材料を含有する熱収縮性材料で成形したボルトで接合し、電磁波を照射して接合部を加熱することにより、ワッシャー、ボルトの収縮により圧着力を発生させつつ接合することができる。このとき、2つ以上の部材間に前記電波吸収材料を分散した熱可塑性材料からなるシートを挟持させることにより、電磁波を照射して熱可塑性材料が溶融し、先のワッシャー、ボルトによる圧着力により密着した部材間が密に接合するとともに、電磁波の照射の終了後は前記熱可塑性材料が冷却固化して、シール性の高い密着、接合を行うことができる。

【0016】本発明に係るマトリックス材料として熱硬化性材料を用いた場合には、先端部に多数の穴が空いた金属製のパイプを打込みパイプとして使用し、パイプ内に硬化反応前の電波吸収熱反応性材料を充填し、誘電体のシリンダーで加圧してパイプ先端部の穴から周辺の所定の部位に流動性を生かして充填する。このとき、金属パイプ自体が電磁シールド性を有するため、効率的に電磁波を目的部位に照射することができる。このようにして所定の部位に本発明の電波吸収反応性材料を充填し、電磁波を照射して、硬化させることができる。硬化後には収縮が起こるため、誘電体シリンダーを引き抜くことができ、これらにより、金属製の打込みパイプの固定ができる。

【0017】本発明の電波吸収反応性材料は予め所望の形状に成形した成形体として使用することもできる。即ち、ペレット状、粒子状等の成形体とすればハンドリング性が向上するし、2つの平面を接着するのに用いる場合には、薄い板状或いはシート状の成形体とするのがよい。さらには、加工する目的や適用する場所に応じて、先に述べたようにボルト、ナット、ワッシャなどの形状

の成形体としても良い。

【0018】本発明の加工方法は、加熱により硬化或いは収縮する樹脂材料マトリックス中に、電波のエネルギーを熱に変換しうる電波吸収性材料を分散・含有してなる電波吸収反応性材料を被接着物の所定の空間に充填し、充填箇所に電波を照射することを特徴とする。電波吸収反応性材料を、加工を行おうとする所定の位置に被加工体として、あるいは被加工体と接触するように充填し、充填箇所に電波を照射する。すると熱が発生してその熱により電波吸収反応性材料の硬化反応が生起され、所定の反応時間後には完全に硬化する方法に基づくものであり、これを種々の部位に適用して、補修、接着、充填、成形等を精度高く行いうるという利点を有する。

【0019】具体的には、例えば、電波吸収反応性材料を被加工物の所定の空間に充填、配置し、充填部位に電波を照射すると、電波の照射により電波吸収性材料が発熱し、その熱で流動状態の熱硬化性材料が硬化反応を起こし、空間に密着するように充填された材料がそのまま所定の空間の形状に適合した状態で硬化するため、空隙を精度高く充填することができる。壁面に形成されたクラックにこの方法を用いれば、流動状態で充填した材料が硬化するため、クラックは隙間なく充填され、水分や空気を遮断しうるクラックの補修を簡単に行うことができる。この空間が貫通孔である場合には、電波吸収反応性材料を充填する際に、反対側から吸引することにより、空隙への充填を効率よく行うことができる。

【0020】また、2つの被接合体を接合しようとする場合、電波吸収反応性材料に熱収縮性のマトリックス材料を用いたもので成形したボルト、ワッシャー等の接合部材を用いて、接合し、接合部材に電波を照射して接合部材に収縮を起こさせて、その圧着力により複数の部材を密に接合することができる。

【0021】本発明の電波吸収可塑性材料の所定の位置へ電波を照射して該電波吸収反応性材料を硬化、又は収縮させて加工を行うものであるが、照射される電波は、該材料内に分散、含有される電波吸収性材料の発熱（ジューク熱の発生）を効率よく行いうるものが好ましく、例えば、波長1m~1cm程度の電磁波、マイクロ波等が好適である。

【0022】電波の照射は常法により行うことができるが、通常は、エネルギー効率の観点から、局所的な電波の放射手段が用いられ、例えば、図1(A)に示すように、円錐形電磁ホーンアンテナ10等を用いた電波放射器からの電波（図中に矢印で照射方向を示す）を電波吸収可塑性材料12の被加工部分に照射することができる、図1(B)に示すように、該ホーンアンテナ10からの電波を電波吸収可塑性材料12を配置した被加工部分の反対側に位置させたパラボラアンテナ（回転パラボラ反射板）14によって収束させることができ、さらに好ましい。このパラボラ反射板14の位置を変位させることに

より、収束点を変位させながら所望の位置に集中的に電波を照射することもできる。

【0023】加工部位の条件によって反対側に反射板を置くことが困難な場合には、ホーンアンテナ10に誘電体レンズ16等の電波収束手段を併用することにより、直接電磁波を収束させ、ホーンアンテナ10自体の位置を変位させることにより、誘電体レンズ16による収束点を変位させながら所望の位置に集中的に電波を照射する方法(図2参照)、あるいは、照射側に後方散乱していく電磁波を遮蔽するとともに、エネルギーを効率的に被加工部位に集めるために、電波の放射器10側のみに平面状の反射板18またはパラボラ状の反射板14を置く方法(図3(A)、(B)参照)などを適用することができる。特に、図3(B)に示すように、電波放射器10側にパラボラ反射板14を用いる方法では、後方散乱していくエネルギーを収束して反射させることが可能になる。反射板14、18の周辺部には、電波吸収体20を置いて遮蔽効率を高めることもできる。

【0024】また、図4(A)、(B)に示すように、電波の照射側と反対側の両側に平面状の反射板18またはパラボラ状の反射板14を置き、両端間で反射させてさらにエネルギー効率の向上を図ることもできる。なお、組み合わせとしては、平板反射板同士(図4(A)参照)、パラボラ反射板同士(図4(B)参照)、あるいは平板反射板とパラボラ反射板を組み合わせてもよい。また、距離を正確に制御することができる場合には、ファブリペロー共振器を構成することが可能になり、さらに効率的にエネルギーを被加工部位に収束させることが可能になる。この場合には、厚さ方向全体で、中央部分にエネルギーが集まることになるので収束点を移動させるとも不用になる。

【0025】これらは、電磁波の効率的な照射方法であるが、他方、他の構造物や人体に対する電磁波の影響を軽減するために、該ホーンアンテナからの電波を被加工部分の反対側に位置させた反射板で反射させ、照射を所望する部分以外への電波の拡散を防止することもできる。

【0026】本発明の電波吸収反応性材料に含まれる金属ファイバーやカーボンファイバー等の導電性の電波吸収材料が電磁波の照射によって加熱されるのは、それ自体が電磁波に対して微少アンテナとして働き、この際にアンテナ上に流れる電流によるジュール熱を発生させるからである。この発熱により、マトリックスである熱可塑性材料を硬化、或いは収縮させて加工を行うものであるが、この発熱反応に伴って、金属やカーボンファイバー等のアンテナとして働く材料自体が溶融したり、酸化等による導電率の低下が起これば、材料全体が電波吸収性能を示さなくなることも起こり得る。このような現象が生じると、電波放射器近傍に存在する電波吸収材料がまず反応して電波吸収性が消失することで、電波放射器

より距離をおいた部位に存在する電波吸収材料の未反応領域へ電磁波が届くことになり、そこで発熱反応が生じ、これが順次繰り返されて、電波吸収反応性材料の深部まで反応が進み、奥行きのある部材における精密な可能な実施が可能になる。

【0027】

【実施例】以下に、実施例を挙げて本発明を詳細に説明するが、本発明はこれに制限されるものではない。

(実施例1)

【電波吸収反応性材料の調整】熱可塑性材料マトリックスであるシリコーン樹脂(シリコーンRTVゴム:信越シリコーン社製)の主剤に対して、電波吸収材料である炭素繊維(平均繊維長6mm)を1.0容量%配合し、溶融攪拌機で5~10分間、十分に混練して炭素繊維をマトリックス中に均一分散させて電波吸収反応性材料を得た。

【0028】[熱硬化性材料によるクラックの補修]図5(A)に示すようなクラックを有するコンクリート製ブロックのクラックを補修加工する。コンクリート製ブロック20のクラック中に、前記電波吸収性反応性材料12を所定の硬化剤と混合し、直ちに充填した(図5(A))。ホーンアンテナ10より粒子状の電波吸収反応性材料12を充填したクラック及びその近傍に電磁波(図中に矢印で示す:照射条件 2.45GHz 10~50kW)を照射する(図5(B))。電波吸収材料であるメタルファイバーが電磁波の照射によって発熱すると、熱硬化性の特性を有するシリコーン樹脂の硬化反応が促進され、クラック中に充填された電波吸収反応性材料12が硬化してクラックの補修が完成する。電波吸収反応性材料12を流動状態で充填するため、クラック内に隙間なく充填され、補充部位は、クラックの内側と完全に密着した補修が行われたことが確認された。

【0029】(実施例2)

【電波吸収反応性材料成形体の調整】熱反応性材料マトリックスである非晶質ポリエチレンテレフタレートに対して、電波吸収材料である炭素繊維(平均繊維長6mm)を1容量%配合し、還元雰囲気中、溶融攪拌機で3時間、十分に混練して炭素繊維をマトリックス中に均一分散させて電波吸収反応性材料を得た。該電波吸収反応性材料をモールド加工してボルト及びナット状に成形して電波吸収反応性材料成形体を得た。

【0030】[熱可塑性材料ブロックの接着加工]2つの熱可塑性材料ブロックを接着加工する方法について説明する。図6(A)に示すようなコの字型の2つの熱可塑性材料ブロックを接着加工する。図6(A)、(B)は、実施例2の熱可塑性材料ブロックの接着加工状態を示す概略図である。ここで、熱可塑性樹脂であるアクリルに対して、電波吸収材料である炭素繊維(平均繊維長6mm)を1.0容量%配合し、150~200℃に加熱しながら、還元雰囲気中、溶融攪拌機で3時間、十分

に混練して炭素繊維を樹脂中に均一分散させた熱可塑性材料を厚み1mmの板状に成形した電波吸収可塑性材料成形体30を作製した。厚みが5cmである2つの熱可塑性材料ブロック22、24の間に板状の電波吸収可塑性材料成形体30を挟み込み、それらを先に作成した電波吸収反応性材料で成形したボルト34、ナット36で固定した。(図5(A))。ホーンアンテナ10より板上の電波吸収可塑性材料成形体12、電波吸収反応性材料で成形したボルト34、ナット36及びその近傍に電磁波(図中に矢印で示す:照射条件 2.45GHz 500W~1kW)を照射する。電磁波を吸収した電波吸収可塑性材料成形体12は内在する電波吸収材料の発熱により溶融し、熱可塑性材料ブロック同士を溶融、接合する。また、電波吸収反応性材料で成形したボルト34、ナット36は内在する電波吸収材料の発熱により収縮し被加工体をより強固に密着させて固定する。被加工体である熱可塑性材料ブロック22、24自体は、電磁波を透過させるため、本体は電磁波により影響を受けない。電磁波の照射を止めると、電波吸収可塑性材料30は自然冷却されて再硬化し、2つの熱可塑性材料ブロック22、24はボルト34、ナット36の収縮による圧着力と相まって強固に接着加工される。この接着部位は、ブロックの外側と完全に密着しており、水分や気体を遮断しうることが確認された。

【0031】(実施例3)実施例1で得た電波吸収反応性材料を用いて、コンクリート等の電波透過性材料の所定の空隙内へ材料を充填することにより、金属パイプの固定化加工を行った。

【空隙内への金属パイプの固定】図7に示すように、先端部に多数の穴が空いた金属製のパイプ38を打込みパイプとして使用し、コンクリートブロック40の所定の空隙内に配置した打込みパイプ38内に硬化反応前の電波吸収反応性材料12を充填し、誘電体ピストン42で加圧してパイプ先端部の穴から周辺の所定の部位に流动性を生かして充填する。このとき、金属パイプ38自体が電磁シールド性を有するため、目的の部位に効率的に電磁波を照射できる。このようにして所定の部位に本発明の電波吸収反応性材料を充填した後、電磁波(図中に矢印で示す:照射条件 2.45GHz 500W~1kW)を照射すると所定位置に充填された材料12が硬化する。硬化の際に金属製の打込みパイプ38は強固に固定できるが、材料の熱収縮が起こり、誘電体ピストン42は引き抜くことができるため、再使用が可能となる。このようにして、所定の四部に金属パイプを固定することができた。

【0032】

【発明の効果】本発明によれば、機械加工及び建築施工の技術分野において精密な接着、成形、補修等の加工を

簡易に行うことができ、被加工部分の耐熱性が良好な電波吸収反応性材料及び、それを加工に適する形状に予め成形した電波吸収反応性材料成形体を提供することができる。また、本発明の加工方法によれば、機械加工及び建築施工の技術分野において精密で、且つ、耐熱性に優れた接着、成形、補修等の加工を簡易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】(A)は、本発明の電波吸収可塑性材料にホーンアンテナを用いて電波を照射する状態を示す概略図であり、(B)はさらに電磁波のパラボラ反射板を併用した状態を示す概略図である。

【図2】ホーンアンテナに電波を収束させる誘電体レンズを備えた状態を示す概略図である。

【図3】(A)は、ホーンアンテナ側に平板状の反射板を配置した状態を示す概略図であり、(B)は、ホーンアンテナ側にパラボラ状の反射板を配置した状態を示す概略図である。

【図4】(A)は、被加工体の両側に平板状の反射板を配置した状態を示す概略図であり、(B)は、同様にパラボラ状の反射板を配置した状態を示す概略図である。

【図5】(A)は、ブロックのクラック内にシリコーンゴムマトリックスを用いた電波吸収反応性材料を充填した状態を示す概略図であり、(B)は、その電波吸収反応性材料にホーンアンテナで電磁波を照射している状態を示す概略図である。

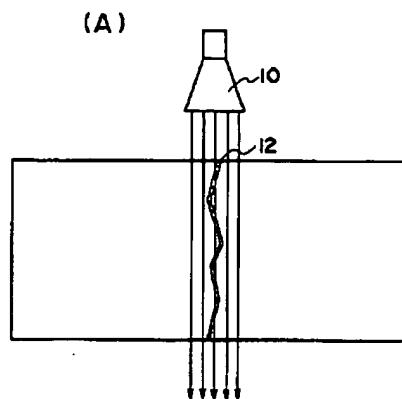
【図6】(A)は、2つのコの字型ブロックの間に電波吸収可塑性材料を挟み込んで電波吸収反応性材料成形体であるボルト、ナットで固定した状態を示す概略図であり、(B)は、そのボルト、ナットと電波吸収可塑性材料にホーンアンテナで電磁波を照射している状態を示す概略図である。

【図7】コンクリートブロック中に本発明の電波吸収反応性材料を用いて打ち込みパイプを固定化している状態を示す概略図である。

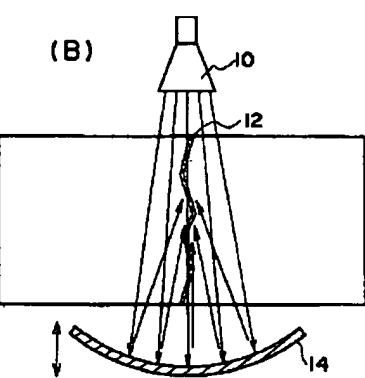
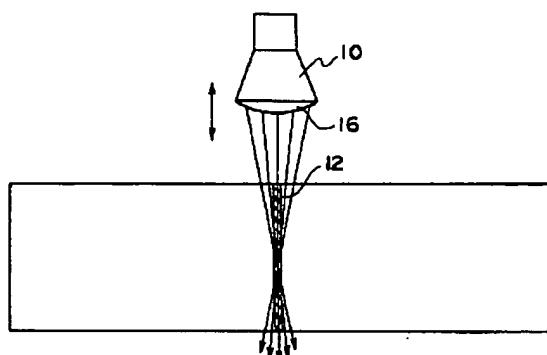
【符号の説明】

- 10 ホーンアンテナ(電波放射器)
- 12 電波吸収反応性材料
- 14 パラボラ状反射板
- 16 誘電体レンズ
- 18、19 平板状反射板
- 22、24 热可塑性材料製コの字型ブロック
- 30 電波吸収反応性材料
- 34 電波吸収反応性材料製ボルト
- 36 電波吸収反応性材料製ナット
- 38 金属製打ち込みパイプ
- 42 誘電体ピストン

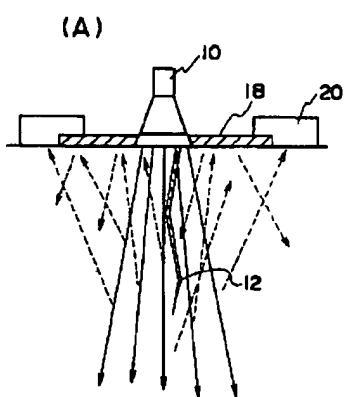
【図1】



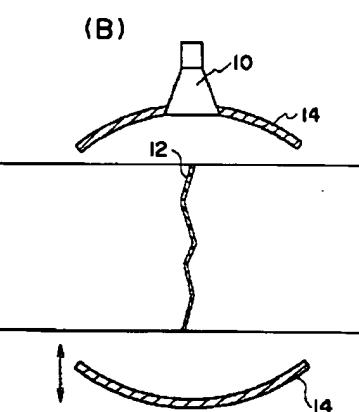
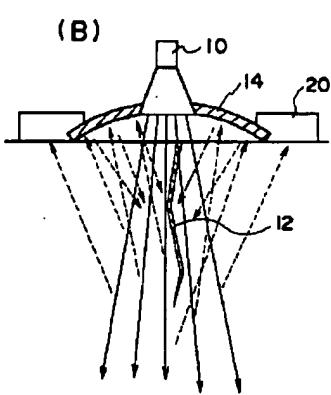
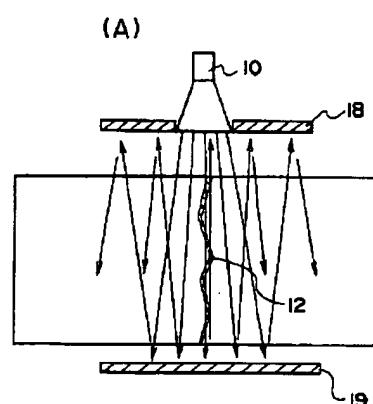
【図2】



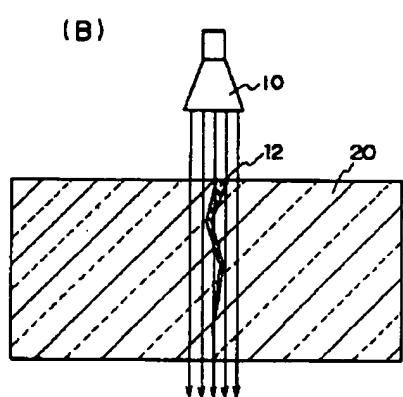
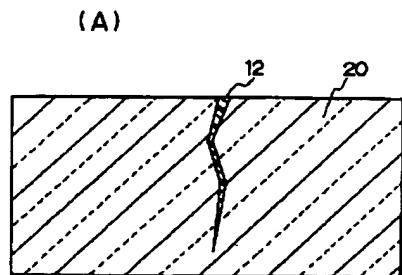
【図3】



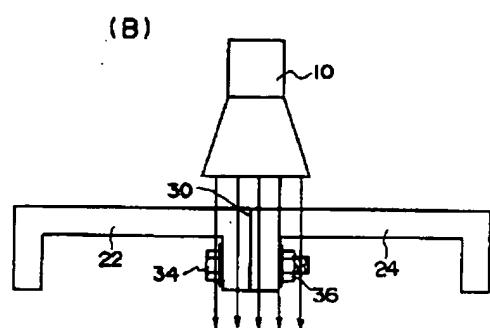
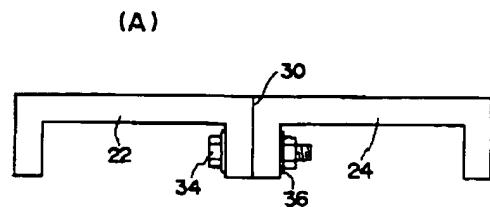
【図4】



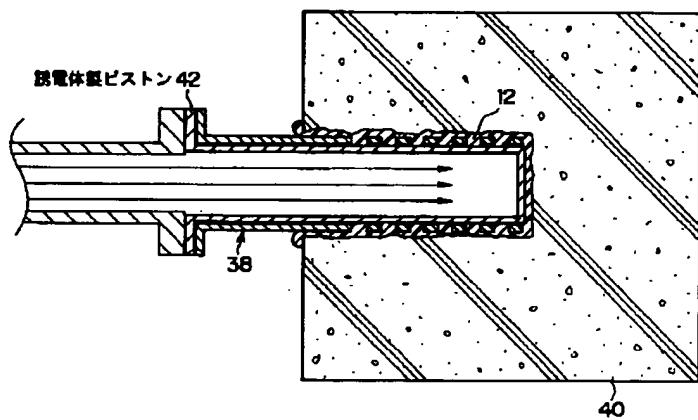
【図5】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 村井 信義
千葉県印西市大塚1丁目5番地1 株式会
社竹中工務店技術研究所内

:(9) 000-204272 (P2000-20JL8

Fターム(参考) 2E001 GA03 GA07 HD11 JA29 JB00
JB01 JB07 JD02 JD08 LA04
2E174 AA03 DA62
2E176 AA01 BB14
4F203 AA33 AB03 AB25 AH46 DA12
DB01 DC07 DM13
4J002 AA001 BB021 BB111 BC021
BD031 BF051 CC031 CC161
CC181 CD001 CF001 CF211
CK021 CP031 DA036 DA066
DE046 DE116 FA046 FA086
GR00